

УДК 630\*:532

А. И. Колтунова  
(Ботанический сад УрО РАН)

## ТАБЛИЦЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ МОДАЛЬНЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ

*Для составления таблиц биологической продуктивности использованы 400 таблиц хода роста модальных древостоев различной полноты, составленных по методике КазНИИЛХА, с тенденцией отпада по типу нормального древостоя и динамикой полноты в режиме возрастания ее значений к возрасту спелости либо стагнации. Запасы фитомассы по фракциям рассчитаны по моделям В. А. Усольцева для сосняков Урало-Казахстанского региона (Усольцев, 1988; 1998).*

Оптимальная стратегия природопользования в лесном комплексе возможна лишь при детальном учете особенностей продукционного процесса в древостоях и его долгосрочном прогнозировании. Эту задачу в отечественном лесоводстве призваны решить традиционные таблицы хода роста, в настоящее время активно трансформируемые в таблицы биологической продуктивности насаждений (Усольцев, 1985; 1988; 1998).

Таблицы хода роста составляются, как правило, для нормальных древостоев, значительно меньшее их число отражает ход роста высокополнотных смешанных и разновозрастных насаждений, а также модальных древостоев. Последние основаны на использовании материалов лесоустройства (Анучин, 1971) и, по сути, таблицами хода роста признаны быть не могут, поскольку отражают состояние древостоев в статике на определенный момент времени, без учета типов их формирования.

В восьмидесятих годах прошлого века были предприняты попытки разработать методику прогнозирования динамики продуктивности сложных (Составление..., 1980) и модальных древостоев (Лиєпа, 1980; Ливанов 1984; Макаренко, 1985 и др.). Методикой ЛенНИИЛХА (1980, 1986) предусматривается моделирование роста древостоев на основе прогнозирования текущего прироста и отпада в одновозрастных смешанных хвойно-лиственных насаждениях. Методика ориентирована на сбор экспериментального материала на постоянных пробных площадях и множественный регрессионный анализ данных, однако типы формирования древостоев не учитываются, поскольку не моделируется динамика их состава. И. Я. Лиєпа (1970, 1980) создал математическую модель текущего прироста деревьев и древостоев на основе дифференциальных уравнений, но в его методике не моделируется величина естественного отпада, который наряду с текущим приростом является неотъемлемой составляющей динамики продуктивности насаждений (Сеннов, 1971; Антанайтис и др., 1974). В работе

Н. Н. Ливанова (1984) осуществлен долгосрочный прогноз по данным постоянных пробных площадей с учетом хлорофилловой поверхности листьев и удельного количества стволовой части в годичном биологическом приросте.

Методика КазНИИЛХА (Макаренко, 1987; Макаренко, Колтунова, Сабанцев, 1989) основана на данных постоянных пробных площадей, множественном регрессионном анализе, позволяет прогнозировать продуктивность древостоев с учетом динамики их полноты и густоты. В отличие от других методик она не использует экстраполяцию полученных в эксперименте данных, а базируется на моделировании параметров статичных состояний древостоев разного возраста, полноты, бонитета и густоты; рядов распределения деревьев по диаметру и высоте, а также текущего прироста запаса в долях нормального древостоя и процентов отпада по массе и числу стволов. Методика обеспечивает необходимую точность прогноза, так, при прогнозе на 10 лет систематическое отклонение для запаса составило 0,2%, числа стволов – 5,5%, средней высоты – 0,6%, среднего диаметра – 0,3%, суммы площадей сечений – 6,8%; случайное отклонение соответственно: 0,73; 11,4; 9,2; 5,5; 17,2%. Таким образом, определение таксационных показателей древостоев при моделировании динамики их продуктивности на десятилетний период (шаг прогноза) не уступает точности глазомерной таксации при проведении лесоинвентаризационных работ.

Проведенные по данной методике расчеты динамики продуктивности древостоев сосны Казахского мелкосопочника позволили получить таблицы хода роста модальных древостоев различной полноты, а в пределах последней – всего диапазона густоты и производительности, учитывающие в определенной мере типы формирования древостоев, поскольку полнота в этих таблицах динамична.

Полученный пакет нормативов по ходу роста модальных сосняков включает более 500 таблиц для древостоев с полнотой 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 в исходном возрасте 20, 30, 40, 60 и 80 лет, с исходной густотой в пределах полноты 400, 600, 1000, 2000, 4000, 8000, 12000, 20000, 32000, 40000 деревьев на гектаре, с тенденцией отпада по типу нормального и загущенного древостоя для III – Va классов бонитета. Таблицы включают: возраст, относительную полноту общую и полноту наращивания, высоту среднюю и верхнюю, диаметр средний, число стволов, площадь сечения, видовое число, запас, среднее и текущее изменение запаса, отпад по числу стволов и запасу в абсолютных и относительных величинах, общую производительность древостоя, средний и текущий прирост и коэффициент текущего прироста.

В данной работе для составления таблиц биологической продуктивности использованы 400 ТХР с тенденцией отпада по типу нормального

Таблицы биологической продуктивности модальных сосняков Казахского мелкосопочника

Возраст, лет	Полнота	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Густота, экз/га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га					
						стволов		ветвей		хвои	
						всего.	коры	всего	коры		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
20	0,60	4,4	7,3	2000	24,0	8,56	2,01	5,60	2,34	2,99	
30	0,70	7,7	10,1	2000	65,3	23,59	3,83	7,97	3,00	4,15	
40	0,77	10,8	12,1	1912	116,3	43,21	5,30	9,12	3,29	4,42	
50	0,82	13,3	13,2	1912	168,6	64,61	6,44	9,39	3,38	4,39	
60	0,86	15,4	14,0	1912	217,9	85,44	7,20	9,29	3,34	4,25	
70	0,89	17,1	14,6	1912	262,7	104,45	7,68	9,07	3,28	4,11	
80	0,91	18,3	15,1	1912	302,7	120,97	7,98	8,98	3,25	4,04	
90	0,92	19,4	15,8	1843	333,7	132,82	7,99	8,90	3,19	3,94	
100	0,92	20,3	16,6	1703	354,9	139,81	7,81	8,95	3,17	3,94	
20	0,60	4,2	5,2	4000	24,0	8,71	2,15	3,69	1,87	3,13	
30	0,70	7,4	7,2	4000	65,3	24,61	4,08	5,05	2,30	3,96	
40	0,77	10,4	8,6	3747	116,0	45,33	5,58	5,70	2,50	4,08	
50	0,82	12,9	9,6	3595	167,8	67,43	6,63	5,95	2,56	3,98	
60	0,85	14,9	10,2	3551	216,8	88,84	7,31	5,92	2,55	3,84	
70	0,88	16,4	10,7	3551	261,1	107,85	7,69	5,87	2,52	3,69	
80	0,90	17,7	11,1	3504	299,2	123,42	7,77	5,74	2,46	3,58	
90	0,91	18,7	11,6	3338	329,4	134,44	7,65	5,73	2,44	3,52	
100	0,91	19,6	12,3	3067	350,1	140,34	7,33	5,77	2,41	3,46	
110	0,89	20,3	12,9	2797	360,1	141,23	6,88	5,73	2,37	3,46	

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	0,60	4,0	3,6	8000	24,0	8,87	2,30	2,50	1,56	3,50
30	0,70	7,1	5,2	7416	65,1	25,55	4,33	3,45	1,88	4,03
40	0,76	10,0	6,4	6746	115,1	46,99	5,83	3,92	2,01	3,96
50	0,81	12,4	7,2	6289	165,9	69,59	6,82	4,12	2,07	3,82
60	0,84	14,4	7,8	6037	213,8	90,94	7,36	4,14	2,06	3,63
70	0,87	16,0	8,2	5875	256,7	109,56	7,56	4,08	2,03	3,50
80	0,89	17,2	8,7	5663	293,5	124,14	7,54	4,09	2,00	3,33
90	0,89	18,2	9,2	5305	322,7	134,20	7,31	4,11	1,98	3,24
100	0,89	19,0	9,7	4827	342,7	139,28	6,92	4,17	1,98	3,24
110	0,87	19,7	10,2	4374	352,9	139,52	6,41	4,15	1,95	3,24
20	0,60	3,8	2,3	20000	24,0	9,07	2,48	1,58	1,26	4,29
30	0,69	6,8	3,4	17928	64,3	26,61	4,61	2,08	1,42	4,22
40	0,74	9,5	4,2	15464	112,5	48,89	6,11	2,37	1,52	4,03
50	0,78	11,9	4,9	13446	160,8	71,44	6,90	2,52	1,56	3,73
60	0,81	13,8	5,4	11992	205,7	92,08	7,26	2,62	1,59	3,61
70	0,83	15,4	5,9	10902	245,7	109,19	7,28	2,66	1,58	3,41
80	0,84	16,6	6,4	9935	279,7	122,11	7,10	2,74	1,58	3,25
90	0,85	17,6	6,9	8946	306,9	130,64	6,77	2,81	1,58	3,14
100	0,85	18,5	7,4	7944	326,2	134,67	6,31	2,86	1,57	3,10
110	0,83	19,2	7,8	7065	337,2	134,55	5,79	2,87	1,56	3,16
20	0,60	3,7	1,8	32000	24,0	9,18	2,58	1,28	1,16	5,03
30	0,68	6,5	2,6	30250	63,7	27,26	4,85	1,62	1,26	4,65
40	0,73	9,2	3,2	25940	110,5	49,99	6,27	1,78	1,31	4,31
50	0,76	11,6	3,8	21145	156,6	72,26	6,90	1,91	1,35	3,98
60	0,78	13,5	4,4	17398	199,0	91,66	7,11	2,05	1,38	3,71
70	0,80	15,1	5,0	14755	236,6	107,31	7,03	2,16	1,39	3,43

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
80	0,81	16,4	5,5	12780	268,6	119,11	6,77	2,24	1,41	3,31
90	0,82	17,4	6,0	11143	294,6	126,84	6,41	2,34	1,43	3,23
100	0,81	18,2	6,6	9716	313,7	130,37	5,98	2,44	1,43	3,08
110	0,80	19,0	7,0	8530	325,5	130,36	5,47	2,46	1,42	3,14
20	0,71	4,4	8,0	2000	28,0	9,94	2,35	6,87	2,70	3,64
30	0,80	7,7	11,3	1815	74,2	26,44	4,33	10,12	3,54	4,85
40	0,86	10,9	13,6	1667	129,9	47,44	5,85	11,54	3,88	5,05
50	0,91	13,5	15,1	1598	186,6	70,09	7,03	12,08	4,01	4,96
60	0,94	15,6	16,0	1598	239,9	92,33	7,87	11,93	3,96	4,75
70	0,97	17,2	16,7	1598	288,1	112,67	8,44	11,76	3,91	4,57
80	0,99	18,6	17,4	1569	329,2	129,65	8,70	11,51	3,83	4,40
90	1,00	19,6	18,3	1468	360,6	141,83	8,75	11,70	3,84	4,37
100	0,98	20,6	19,4	1321	380,0	148,35	8,55	11,82	3,82	4,36
110	0,95	21,3	20,2	1206	386,0	149,08	8,13	11,63	3,72	4,37
20	0,71	4,2	5,6	4000	28,0	10,12	2,51	4,44	2,14	3,65
30	0,79	7,4	8,1	3564	74,0	27,48	4,60	6,38	2,70	4,46
40	0,86	10,5	9,8	3221	129,3	49,56	6,14	7,20	2,91	4,49
50	0,90	13,0	10,9	3049	185,4	73,11	7,26	7,53	3,00	4,35
60	0,94	15,0	11,7	2978	238,3	95,80	8,00	7,57	3,00	4,14
70	0,97	16,6	12,2	2951	285,8	116,17	8,40	7,42	2,95	3,97
80	0,98	17,9	12,8	2863	326,0	132,51	8,51	7,35	2,90	3,81
90	0,99	19,0	13,5	2657	356,7	143,80	8,37	7,38	2,88	3,75
100	0,96	19,9	14,4	2384	375,7	149,23	8,04	7,51	2,87	3,71
110	0,94	20,6	15,0	2174	381,8	148,97	7,51	7,37	2,79	3,70
20	0,71	4,0	4,0	8000	28,0	10,29	2,68	3,01	1,74	3,85
30	0,79	7,2	5,8	6934	73,7	28,54	4,84	4,11	2,09	4,27

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40	0,85	10,1	7,1	6105	128,2	51,54	6,42	4,70	2,27	4,19
50	0,89	12,5	8,0	5607	183,2	75,65	7,47	4,97	2,34	4,01
60	0,92	14,5	8,7	5318	234,8	98,36	8,04	5,02	2,34	3,78
70	0,95	16,1	9,2	5168	280,9	118,20	8,28	4,95	2,30	3,58
80	0,96	17,3	9,7	4911	319,7	133,72	8,25	4,98	2,28	3,45
90	0,97	18,4	10,3	4500	349,4	143,98	7,97	5,01	2,27	3,37
100	0,95	19,2	11,0	4013	367,9	148,43	7,55	5,14	2,27	3,34
110	0,92	20,0	11,5	3639	374,5	147,45	6,94	5,00	2,19	3,32
20	0,71	3,8	2,5	20000	28,0	10,54	2,89	1,87	1,40	4,52
30	0,78	6,8	3,6	17121	72,7	29,88	5,21	2,43	1,60	4,52
40	0,83	9,6	4,6	14395	125,3	53,72	6,73	2,75	1,67	4,07
50	0,86	12,0	5,3	12390	177,6	77,98	7,56	2,92	1,72	3,83
60	0,89	13,9	5,9	11032	226,1	99,98	7,94	3,04	1,75	3,61
70	0,91	15,4	6,5	10012	269,0	118,13	7,99	3,14	1,75	3,36
80	0,92	16,7	7,0	9050	305,0	131,93	7,76	3,19	1,74	3,23
90	0,92	17,7	7,5	8024	332,7	140,67	7,38	3,28	1,76	3,21
100	0,91	18,6	8,1	7021	350,7	144,03	6,86	3,36	1,75	3,14
110	0,88	19,3	8,6	6245	358,5	142,57	6,25	3,35	1,72	3,11
20	0,71	3,7	2,0	32000	28,0	10,65	3,01	1,50	1,26	4,97
30	0,77	6,6	2,8	29414	72,1	30,57	5,42	1,83	1,36	4,65
40	0,81	9,3	3,4	24725	123,0	55,15	6,91	2,01	1,43	4,40
50	0,84	11,6	4,2	19994	172,9	78,60	7,61	2,20	1,45	3,76
60	0,86	13,6	4,8	16466	219,6	99,93	7,81	2,34	1,49	3,56
70	0,87	15,1	5,4	13971	258,8	116,27	7,70	2,47	1,52	3,35
80	0,88	16,4	5,9	12026	292,7	128,86	7,40	2,57	1,54	3,28
90	0,88	17,5	6,5	10344	319,1	136,49	6,97	2,67	1,55	3,14

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
100	0,87	18,4	7,1	8892	337,1	139,50	6,45	2,76	1,55	3,06
110	0,85	19,1	7,6	7779	346,0	138,18	5,87	2,79	1,53	3,05
20	0,82	4,4	8,6	2000	32,0	11,32	2,69	8,17	3,05	4,31
30	0,88	7,8	12,4	1695	82,5	29,06	4,75	12,08	3,99	5,51
40	0,94	11,0	15,0	1500	142,4	51,25	6,34	13,99	4,43	5,67
50	0,99	13,6	16,7	1410	202,9	75,07	7,58	14,77	4,60	5,52
60	1,02	15,7	17,6	1410	259,8	98,68	8,49	14,51	4,55	5,24
70	1,05	17,4	18,4	1399	310,9	120,15	9,08	14,21	4,47	5,00
80	1,07	18,7	19,4	1346	353,7	137,75	9,40	14,28	4,44	4,84
90	1,07	19,9	20,6	1225	385,1	150,02	9,42	14,50	4,44	4,78
100	1,04	20,8	22,0	1083	402,3	155,92	9,21	14,92	4,47	4,80
110	1,00	21,6	22,7	1003	404,2	155,48	8,69	14,21	4,25	4,20
20	0,81	4,2	6,1	4000	32,0	11,52	2,87	5,26	2,39	4,16
30	0,88	7,5	8,8	3340	82,3	30,25	5,05	7,49	3,01	4,90
40	0,94	10,5	10,7	2916	141,8	53,65	6,71	8,69	3,32	4,93
50	0,98	13,1	12,0	2702	201,6	78,36	7,84	9,06	3,41	4,71
60	1,01	15,2	12,9	2620	257,9	102,28	8,59	9,03	3,38	4,44
70	1,04	16,8	13,6	2568	308,3	123,65	9,03	8,95	3,33	4,21
80	1,06	18,1	14,3	2447	350,3	140,78	9,17	8,95	3,31	4,07
90	1,05	19,2	15,3	2217	381,1	152,08	9,03	9,16	3,32	3,98
100	1,03	20,1	16,3	1958	398,0	156,96	8,66	9,34	3,32	3,98
110	0,99	20,8	16,8	1809	400,2	155,54	8,05	8,96	3,18	3,93
20	0,81	4,0	4,3	8000	32,0	11,72	3,06	3,51	1,94	4,23
30	0,88	7,2	6,3	6550	81,9	31,39	5,36	4,84	2,33	4,58
40	0,93	10,1	7,7	5589	140,6	55,86	7,02	5,57	2,55	4,49
50	0,97	12,6	8,8	5055	199,3	81,14	8,06	5,86	2,61	4,20

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
60	1,00	14,6	9,5	4784	254,3	105,24	8,68	5,90	2,61	3,96
70	1,02	16,2	10,1	4586	303,2	126,13	8,93	5,87	2,57	3,73
80	1,04	17,5	10,7	4295	343,9	142,40	8,89	5,89	2,56	3,59
90	1,03	18,5	11,5	3856	373,7	152,62	8,62	6,08	2,58	3,50
100	1,01	19,4	12,3	3394	390,4	156,49	8,12	6,19	2,56	3,47
110	0,97	20,1	12,7	3118	393,2	154,29	7,43	5,95	2,46	3,45
20	0,81	3,8	2,7	20000	32,0	12,00	3,30	2,16	1,53	4,70
30	0,87	6,8	3,9	16556	80,9	32,91	5,78	2,79	1,74	4,60
40	0,91	9,6	4,9	13592	137,4	58,36	7,37	3,16	1,84	4,23
50	0,94	12,0	5,7	11562	193,3	83,96	8,22	3,36	1,89	3,92
60	0,96	14,0	6,4	10254	245,0	107,12	8,57	3,47	1,89	3,60
70	0,98	15,5	7,0	9271	290,6	126,46	8,61	3,57	1,90	3,38
80	0,99	16,8	7,5	8302	328,3	141,00	8,36	3,64	1,91	3,30
90	0,99	17,8	8,2	7256	356,2	149,52	7,95	3,79	1,93	3,17
100	0,97	18,7	8,8	6291	372,7	152,33	7,36	3,87	1,93	3,16
110	0,93	19,4	9,2	5659	377,1	149,62	6,65	3,79	1,87	3,17
20	0,81	3,7	2,2	32000	32,0	12,12	3,44	1,73	1,35	4,89
30	0,86	6,6	3,0	28967	80,1	33,67	6,02	2,06	1,46	4,61
40	0,89	9,3	3,6	23945	134,8	59,93	7,56	2,26	1,55	4,44
50	0,91	11,6	4,4	19167	188,0	84,88	8,27	2,47	1,58	3,88
60	0,93	13,6	5,1	15743	236,7	106,81	8,42	2,61	1,61	3,54
70	0,94	15,2	5,7	13326	279,4	124,69	8,29	2,74	1,63	3,36
80	0,95	16,5	6,3	11385	314,7	137,61	7,96	2,86	1,65	3,22
90	0,95	17,5	7,0	9675	341,4	145,16	7,50	3,03	1,68	3,07
100	0,93	18,4	7,6	8246	357,9	147,53	6,91	3,12	1,68	3,04
110	0,90	18,1	8,0	7266	363,8	145,03	6,39	3,45	1,81	3,26



Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	1,01	4,4	9,9	2000	40,0	14,05	3,36	11,04	3,74	5,77
30	1,05	7,8	14,2	1528	98,3	34,04	5,63	16,46	4,97	6,95
40	1,10	11,1	17,5	1264	165,5	58,22	7,27	19,36	5,56	6,99
50	1,13	13,8	19,7	1142	232,7	84,00	8,57	20,65	5,82	6,72
60	1,16	16,0	21,2	1052	295,7	109,44	9,55	21,24	5,96	6,47
70	1,19	17,7	22,4	1059	351,6	132,64	10,24	20,73	5,79	6,03
80	1,20	19,1	23,8	981	397,1	151,43	10,61	21,13	5,82	5,87
90	1,18	20,3	25,8	856	427,8	163,64	10,67	22,19	5,94	5,85
100	1,14	21,3	27,6	747	440,3	168,41	10,39	22,61	5,92	5,81
110	1,07	22,0	27,4	730	434,1	165,91	9,68	20,15	5,39	5,51
20	1,01	4,2	7,0	4000	40,0	14,30	3,58	6,97	2,88	5,18
30	1,05	7,3	10,1	3039	98,1	35,44	6,12	10,36	3,78	5,97
40	1,09	10,6	12,4	2490	164,8	61,01	7,70	11,68	4,08	5,78
50	1,12	13,2	14,1	2224	231,3	87,77	8,91	12,44	4,24	5,48
60	1,15	15,4	15,2	2120	293,6	113,81	9,70	12,36	4,19	5,10
70	1,18	17,0	16,1	2021	348,9	137,07	10,22	12,45	4,19	4,85
80	1,19	18,4	17,2	1859	393,5	155,16	10,36	12,64	4,19	4,67
90	1,17	19,5	18,7	1619	423,8	166,39	10,23	13,29	4,28	4,62
100	1,13	20,5	20,0	1414	436,2	169,99	9,76	13,42	4,23	4,55
110	1,06	21,2	19,9	1376	430,5	166,35	8,92	12,03	3,86	4,37
20	1,01	4,0	5,0	8000	40,0	14,54	3,83	4,59	2,28	4,87
30	1,05	7,2	7,1	6074	97,6	36,85	6,36	6,25	2,79	5,20
40	1,08	10,2	8,8	4894	163,4	63,64	8,06	7,22	3,05	5,01
50	1,11	12,7	10,1	4283	228,8	91,25	9,17	7,70	3,16	4,68
60	1,14	14,8	11,0	3980	289,7	117,47	9,80	7,76	3,14	4,35
70	1,16	16,4	11,8	3744	343,5	140,19	10,10	7,82	3,13	4,08

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
80	1,17	17,7	12,6	3403	386,9	157,53	10,07	7,99	3,15	3,95
90	1,15	18,8	13,8	2950	416,4	167,57	9,74	8,36	3,18	3,83
100	1,11	19,8	14,7	2574	428,8	170,12	9,12	8,37	3,13	3,78
110	1,04	20,4	14,7	2486	424,0	165,55	8,22	7,64	2,90	3,68
20	1,01	3,8	3,1	20000	40,0	14,89	4,13	2,74	1,76	4,96
30	1,03	6,8	4,3	16159	96,3	38,71	6,88	3,42	1,99	4,86
40	1,06	9,6	5,4	12725	159,7	66,87	8,54	3,88	2,13	4,48
50	1,08	12,1	6,4	10529	221,8	94,69	9,36	4,13	2,16	4,02
60	1,10	14,0	7,1	9209	279,1	120,27	9,77	4,32	2,21	3,80
70	1,11	15,6	7,8	8218	329,2	141,37	9,76	4,43	2,21	3,53
80	1,11	16,9	8,5	7202	369,5	156,67	9,46	4,58	2,23	3,39
90	1,10	18,0	9,3	6135	397,2	165,04	8,93	4,77	2,25	3,30
100	1,06	18,9	10,0	5296	410,0	166,34	8,22	4,83	2,23	3,25
110	1,00	19,6	10,2	4978	407,6	161,15	7,29	4,49	2,09	3,17
20	1,01	3,7	2,5	32000	40,0	15,05	4,30	2,17	1,55	5,00
30	1,02	6,6	3,2	29244	95,4	39,78	7,17	2,45	1,66	4,85
40	1,04	9,3	3,9	23642	156,5	68,76	8,77	2,66	1,73	4,46
50	1,05	11,7	4,7	18442	215,4	96,29	9,41	2,88	1,77	4,01
60	1,06	13,6	5,5	14924	269,0	120,11	9,58	3,10	1,82	3,63
70	1,07	15,2	6,2	12477	315,7	139,45	9,39	3,27	1,85	3,40
80	1,07	16,6	6,9	10463	353,4	153,09	8,95	3,42	1,86	3,24
90	1,05	17,6	7,7	8705	379,8	160,24	8,39	3,64	1,90	3,11
100	1,02	18,6	8,3	7385	393,1	161,21	7,65	3,68	1,88	3,10
110	0,97	19,2	8,6	6740	393,0	156,29	6,79	3,55	1,81	3,08

древостоя и динамикой полноты в режиме возрастания ее значений к возрасту спелости, либо сохранения полноты стабильной. Такая динамика полноты зафиксирована в течение пятидесяти лет наблюдения на 123 постоянных пробных площадях, заложенных в сосняках различного возраста и полноты. Запасы фитомассы по фракциям в таблицах биологической продуктивности (таблица) рассчитаны по моделям В. А. Усольцева для сосняков Урало-Казахстанского региона (Усольцев, 1988; 1998). Объем статьи не позволяет представить все полученные материалы, поэтому приведены только таблицы для исходного возраста 20 лет III класса бонитета.

Анализируя составленные таблицы биологической продуктивности, можно констатировать (рис. 1 – 3), что продуцирование хвои и скелета кроны к возрасту спелости утрачивает связь с относительной полнотой древостоя и зависит только от густоты.

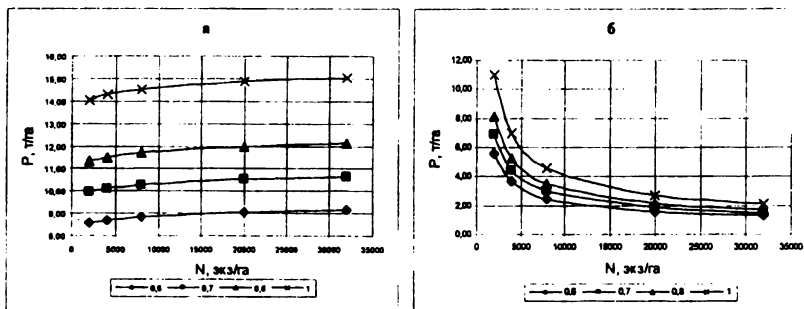


Рис.1. Зависимость фитомассы от густоты в возрасте 20 лет для различной полноты (III бонитет): а) стволов, б) ветвей

Характерное для возраста 20 лет нарастание фитомассы хвои с увеличением густоты в древостоях с полнотой 0,6 – 0,8 сменяется к 30-летнему возрасту стабилизацией показателей, начиная с густоты 8000 экз./га, повторяя характер кривой высокополнотных древостоев. Наибольшие запасы фитомассы кроны отмечены (кроме возраста 20 лет) в древостоях с густотой, меньшей 2000 экз./га. Запасы фитомассы стволов имеют противоположную тенденцию – в течение всего возрастного периода они зависят и от густоты, и от полноты древостоя, увеличиваясь с возрастанием обоих показателей. Колебания запасов фитомассы стволов относительно тренда их изменения в связи с густотой (см. рис. 3, в) объясняются тем, что запас ствольной древесины в моделях хода роста в исходном возрасте принят одинаковым для всего диапазона густоты в пределах заданной полноты древостоя. Тренды изменения запасов фитомассы

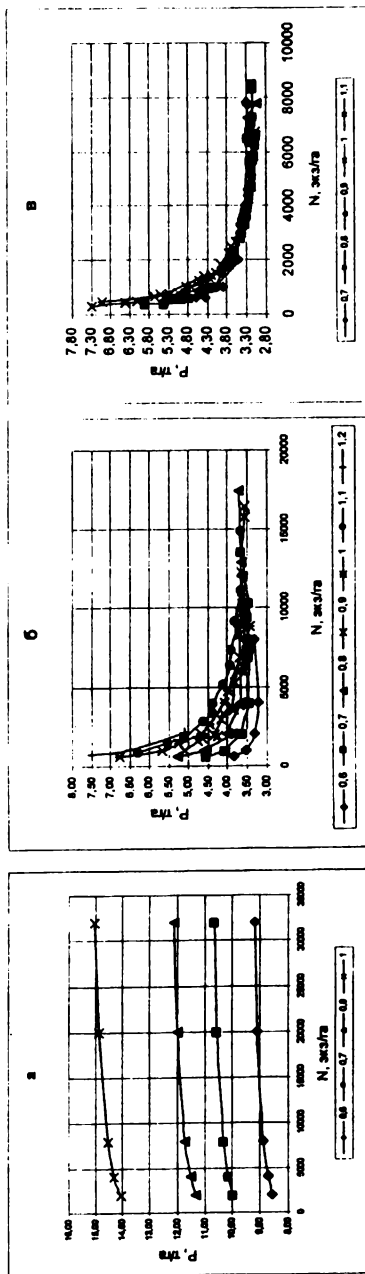


Рис.2. Зависимость фитомассы хвои от густоты для различной полноты (III бонитет) в возрасте: а) 20 лет, б) 60 лет, в) 110 лет

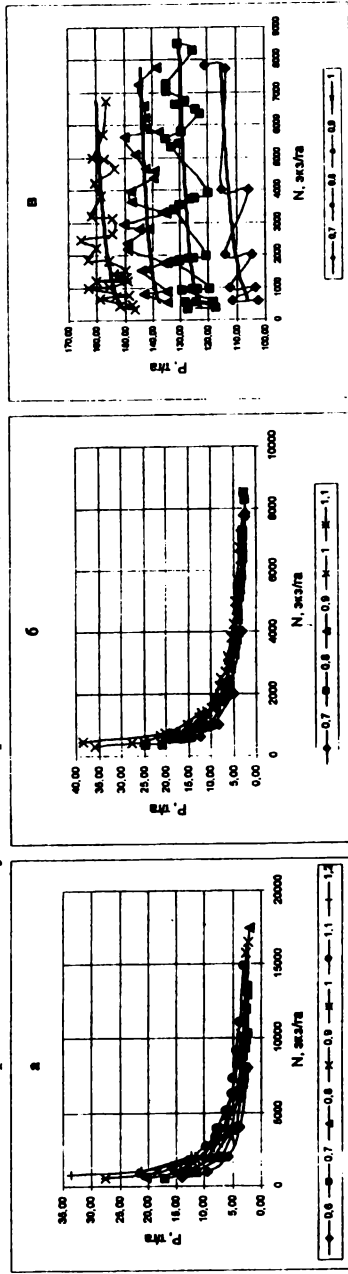


Рис.3. Зависимость фракций фитомассы (а, б – ветвей, в – стволов) от густоты для различной полноты (III бонитет) в возрасте: а) 20 лет, б) 60 лет, в) 110 лет

стволов аппроксимированы полулогарифмической кривой:  $y = c \ln x + b$ . Выявленные закономерности изменения фракций фитомассы характерны для всех классов бонитета, в соответствии с которыми изменяются абсолютные значения запасов фракций, снижаясь с ухудшением условий местопроизрастания.

В заключение следует отметить, что установленные особенности накопления фитомассы модальными древостоями сосны по данным таблиц их биологической продуктивности отнюдь не бесспорны и требуют дальнейшего изучения и анализа.

#### ЛИТЕРАТУРА

Антанайтис В. В. и др. Проектирование рубок ухода с использованием ЭВМ. Методологические основы. Каунас, 1974. С. 3 – 59.

Анучин Н. П. Лесная таксация. М., 1971. 512 с.

Ливанов Н. П. Аналитический метод прогнозирования таксационных показателей древостоев // Лесн. хоз-во. 1984. № 11. С. 45 – 48.

Лица И. Я. Математическая модель прогнозирования запаса древостоя // Моделирование в ботанике. Рига, 1970. Т. 122. С. 71 – 80.

Лица И. Я. Динамика древесных запасов: прогнозирование и экология. Рига: Зинатне, 1980. 170 с.

Макаренко А. А. Прогнозирование продуктивности древостоев // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1985. № 7. С. 78 – 83.

Макаренко А. А. Рекомендации по прогнозированию продуктивности древостоев. Алма-Ата, 1987. 19 с.

Макаренко А. А., Колтунова А. И., Сабанцев А. И. Опыт прогнозирования продуктивности древостоев // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 1989. № 11. С. 78 – 85.

Моделирование роста смешанных древостоев с хозяйственным воздействием на основе прогнозирования текущего прироста // Методические рекомендации ЛенНИИЛХ. Л., 1986. 87 с.

Сеннов С. Н. Метод определения величины естественного отпада стволовой древесины // Лесоведение. 1971. № 1. С. 82 – 84.

Составление математических моделей роста насаждений // Методические рекомендации ЛенНИИЛХ. Л., 1980. 47 с.

Усольцев В. А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1985. 191 с.

Усольцев В. А. Рост и структура фитомассы древостоев. Новосибирск: Наука, 1988. 253 с.

Усольцев В. А. Формирование банков данных о фитомассе лесов. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 542 с.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 00-05-64532 и 01-04-96424)*